پژوهش‌های حبوبات ایران
سال(دوره)۱۱ شمارهٔ۱، نیمهٔ اوّل ۱۳۹۹
صفحهٔ ۱۵۱-۱۳۴، نوع مقاله: پژوهشی

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 11, No. 1, 2020, p. 134-151 (Research Article)
DOI: 10.22067/ijpr.v11i1.73888

اثر تلقیح با باکتری‌های محرک رشد، مایکوریزا و مقادیر فسفر بر عملکرد و اجزای عملکرد ماش (*Vigna radiata* L.)

فهیمه رضاپوریان قهفرخی[1*]، سرالله گالشی[2]، ابراهیم زینلی[3] و بنیامین ترابی[4]
۱- دانشجوی دکتری کشاورزی، رشته مهندسی کشاورزی، گرایش زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۲- استاد زراعت، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گرگان؛ galeshi@gau.ac.ir
۳- دانشیار زراعت، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گرگان؛ e.zeinali@gau.ac.ir
۴- استادیار زراعت، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گرگان؛ ben_torabi@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۴/۱۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۸/۲۱

چکیده

به‌منظور بررسی اثر باکتری‌های محرک رشد، مایکوریزا و مقادیر مختلف فسفر کودی بر عملکرد و اجزای عملکرد ماش (*Vigna radiata* L.)، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در دو سال زراعی ۹۵-۱۳۹۶ و ۹۶-۱۳۹۷ انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل کود فسفره در سه سطح (عدم مصرف، ۱۵۰کیلوگرم و ۲۲۵کیلوگرم در هکتار) و ترکیب‌های مختلف باکتری‌های محرک رشد و قارچ مایکوریزا در هشت سطح (شاهد، باکتری *آزوسپیریلوم لیپوفرم*، باکتری *سودوموناس فلورسنس*، قارچ *گلوموس موسه‌آ*، ترکیب *آزوسپریلیوم* و *سودوموناس*، *آزوسپریلیوم* و قارچ، *سودوموناس* و قارچ و ترکیب هر سه فاکتور) بودند. نتـایج تجزیـه مرکب در مورد اثر سال، کود فسفر و کود زیستی نشان‌دهندهٔ تأثیر معنی‌دار روی عملکرد و اجزای عملکرد، ارتفاع گیاه، طول غلاف و پروتئین دانه بود. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها در سال اول نشان داد که بیشترین عملکرد دانه (۲۲۶گرم در مترمربع) در تیمار تلقیح با باکتری *آزوسپیریلوم* و قارچ مایکوریزا در سطح مصرف ۲۲۵کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر به‌دست آمد که نسبت به شاهد ۲۹/۶درصد افزایش داشت. در سال دوم آزمایش نیز بیشترین عملکرد دانه (۲۱۶گرم در مترمربع) با افزایش۳۸/۷درصد نسبت به شاهد در تیمار تلقیح با باکتری *آزوسپیریلوم* و *سودوموناس* و قارچ مایکوریزا در سطح مصرف ۲۲۵کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر به‌دست آمد. همچنین نتایج نشان داد که بیشترین وزن۱۰۰۰دانه (۵۲/۹۱گرم) و بیشترین تعداد دانه (۸/۵۲عدد در غلاف) در تیمار ۲۲۵کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر به‌دست آمد. نتایج کلی این آزمایش نشان‌دهندهٔ مفیدبودن باکتری *آزوسپیریلوم* و قارچ مایکوریزا در زراعت ماش جهت کاهش استفاده از کود شیمیایی فسفر است.

واژه‌های کلیدی: آزوسپیریلوم لیپوفرم، حبوبات، سودوموناس فلورسنس، گلوموس موسه

مقدمه

مـاش (*Vigna radiata* L.) یکـی از بقـولات بـاارزش و سرشار از فسفر می‌باشد که قادر به تثبیت بیولوژیـک نیتـروژن اسـت (Belachew & Abera, 2011). مـاش از نظـر مـواد پروتئینی، غنی است و قابلیت هضم آن نسبت به سایر حبوبـات بیشتر است. این گیاه به‌دلیـل داشـتن سـطح زیرکشـت وسـیع (بالغ بر ۲۰هزارهکتار)، خوش‌خوراکی و قابلیت هضم بالا، دارای اهمیت فراوانی در کشـور مـی‌باشـد (Khajeh *et al*., 2016). فسفر به‌عنوان یک نهاده شیمیایی، از اجـزای اصـلی کـودهـایی است که در هنگام کاشت مصرف می‌گردد و به‌دلیل اهمیتی که در بالابردن رشد گیاهچه و گلدهی دارد (Suryantini, 2016) و در فعالیت‌های متابولیکی متعدد شرکت مـی‌کنـد، مهـم‌تـرین عنصر در تولیـد محصـول و تغذیـه معـدنی حبوبـات محسـوب می‌شود (Noonari *et al*., 2016). بـرای رفـع کمبـود فسـفر موردنیاز گیاهـان، ایـن عنصـر بـه‌صـورت کـودهـای شـیمیایی فسفردار به خاک اضافه می‌گـردد کـه مقـادیر زیـادی از فسـفر موجود در این کودها بعد از ورود به خـاک نـامحلول شـده و در خاک‌های آهکی به ترکیبـات نـامحلول کلسـیم و منیـزیم و در خاک‌های اسیدی به فسفات آهن و آلومینیوم تبـدیل شـده و از دسـترس گیـاه خـارج مـی‌شـود (Zhang *et al*., 2015). در نتیجه، کاربرد خاکی فسفات به دلیل پـایین‌بـودن فسـفر قابـل جذب به‌تنهایی نمی‌تواند نیازهای بخش کشاورزی را تأمین کند (Parsa Motlagh *et al*., 2011). بر اساس گزارش‌ها، از کـل کود فسفر استفاده‌شده در خاک، حدود ۱۰ تا ۲۰درصـد جـذب

*نویسنده مسئول: f.rezapoorian1389@yahoo.com

گیاه شده و مابقی به‌صورت غیرقابل‌جذب درآمده و در خاک تجمع می‌یابد (Zhang *et al*., 2015). از دلایل اصلی طبیعت ناپایدار کشاورزی، استفاده مداوم و مفرط ازکودهای شیمیایی است که موجب زیان‌رساندن به فعالیت بیولوژیکی، تغییرات pH و خسارت تجمع نمک حاصل از کوددهی بیش از حد می‌گردد. لذا فراهم‌سازی شرایط لازم برای استفاده بیشتر از منابع طبیعی یکی از راهکارهای تولید بهینه محصول و تغییر شرایط کنونی است. بنابراین به‌دلیل جنبه‌های اقتصادی و زیست‌محیطی بایستی به افزایش کارآیی مصرف این عنصر توجه گردد (Zhang *et al*., 2015). در این شرایط یکی از راهکارهای تولید بهینه محصول و حفظ سلامت محیط زیست، فراهم‌سازی شرایط لازم و ضرورت استفاده بیشتر از میکروارگانیسم‌های خاکزی و کودهای زیستی می‌باشد (Bona *et al*., 2015).

Suhag (2016) بیان داشت که حضور کودهای زیستی باعث بهبود خصوصیات خاک نظیر محتوای ماده آلی و افزایش دسترسی عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم و عناصر ریزمغذی می‌شود. قارچ‌های مایکوریزا به‌عنوان یک کود زیستی دارای کارکردهای چندمنظوره‌ای از جمله افزایش دسترسی عناصر غذایی به ویژه فسفر برای گیاهان، گسترش ناحیه جذب ریشه (Ziane *et al*., 2017)، افزایش فتوسنتز، افزایش کارآیی مصرف آب در گیاه میزبان، افزایش مقاومت به تنش خشکی و شوری، افزایش مقاومت گیاه میزبان به آفات و بیماری‌ها، افزایش محتوای کلروفیل، تسریع در گلدهی گیاه میزبان، بهبود ساختمان خاک، افزایش قدرت رقابت گیاه میزبان در مقابل علف‌های‌هرز، تشدید فعالیت باکتری‌های *ریزوبیوم* و *آزوسپیریلوم* در بوم‌نظام‌های زراعی هستند (Kanwal *et al*., 2015).

Ziane *et al*, (2017) در بررسی اثر کودهای شیمیایی و قارچ مایکوریز آربوسکولار بر رشد و عملکرد گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculenum* Mill.) گزارش کردند که استفاده از قارچ مایکوریزا آربوسکولار می‌تواند باعث کاهش مصرف کودهای شیمیایی و آلودگی‌های زیست‌محیطی می‌شود. همچنین Rajabzadeh Motlagh (2011) افزایش وزن خشک اندام‌های هوایی، سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی و شاخص سطح برگ را در اثر تلقیح بذر لوبیاقرمز (*Phaseolus vulgaris* L.) با مایکوریزا گزارش کرد.

از طرفی باکتری‌های محرک رشد نیز جزو کودهای زیستی محسوب می‌شوند که از اهمیت ویژه‌ای در افزایش محصول و حفظ حاصلخیزی خاک برخوردار می‌باشند. باکتری‌های جنس *ریزوبیوم*، *ازوتوباکتر*، *آزوسپیریلوم* و *سودوموناس* از مهم‌ترین باکتری‌های محرک رشد گیاه می‌باشند که علاوه بر تثبیت زیستی نیتروژن و محلول‌کردن فسفر خاک با تولید مقادیر قابل‌ملاحظه‌ای هورمون‌های تحریک کننده رشد به‌ویژه انواع اکسین و دیگر هورمون‌ها مانند جیبرلین و سیتوکنین، رشد و نمو و عملکرد گیاهان زراعی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Stefan *et al*., 2013; Moustaine *et al*., 2017).

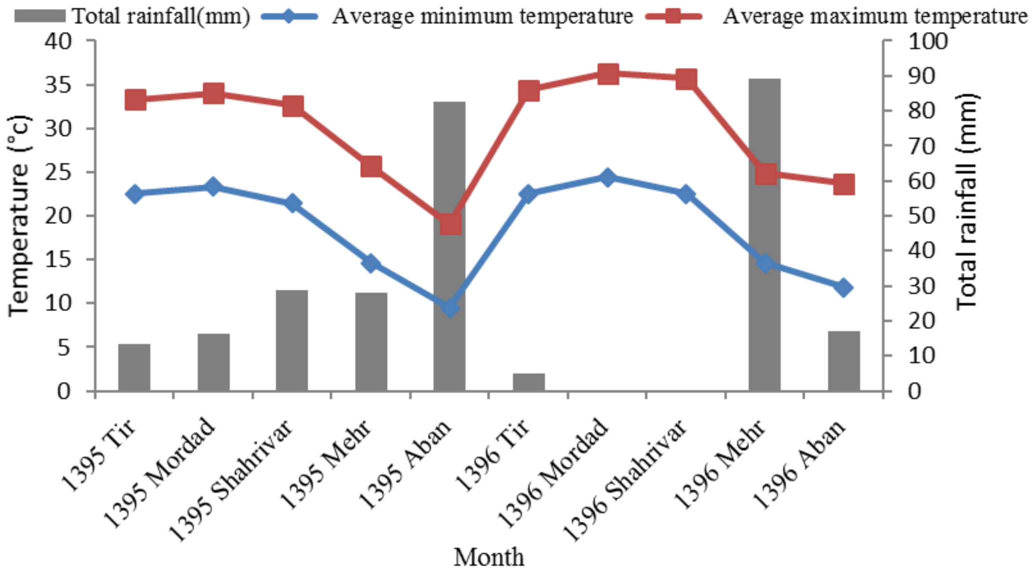
Srivastava *et al*, (2011) نشان دادند که تلقیح بذور نخود (*Cicer arietinum* L.) با باکتری حل‌کننده فسفات منجر به افزایش ارتفاع بوته گردید. همچنین گزارش‌ها نشان می‌دهد که تعداد گره، وزن‌خشک گره، عملکرد دانه، عملکرد کاه و محتوای نیتروژن در دانه‌های گیاه عدس (*Lens culinaris* Medik) با تلقیح باکتری محرک رشد گیاه سویهٔ *سودوموناس* به‌علت کاهش تولید اتیلن، بهبود یافته است (Gupta *et al*., 2015).

نتایج مطالعه Bhattarai *et al*, (2011) روی اثر ریزوبیوم، مایکوریز، کود دی‌آمونیم فسفات به میزان ۱۰۰کیلوگرم در هکتار و شاهد بر روی لوبیاقرمز (*Phaseolus vulgaris* L.) نشان داد که تیمار تلقیح‌شده با ریزوبیوم، تفاوت معنی‌داری در سطح ۵درصد، بر صفات وزن ماده خشک، طول ریشه و اندام هوایی، تعداد غلاف و تعداد گره‌ها نسبت به سایر تیمارها نشان داد. Gangwar *et al*, (2013) نشان دادند که تلقیح گیاه ماش (*Vigna radiata* L.) با باکتری *سودوموناس پوتیدا* باعث افزایش رشد ریشه، طول ساقه و وزن‌خشک گیاه گردیده است. Kaur *et al*, (2015) در بررسی اثر سویه‌های مختلف باکتری‌های محرک رشد گزارش نمودند که تلقیح گیاه لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) با هر کدام از سویه‌ها باعث افزایش قابل‌توجه عملکرد دانه و جذب نیتروژن و فسفر شده است. بر اساس مطالعات انجام‌شده به‌نظر می‌رسد باکتری‌های محرک رشد، روی رشد رویشی و زایشی گیاه مؤثر بوده و کاربرد آن‌ها می‌تواند مصرف کودهای شیمیایی را کاهش و عملکرد گیاه را افزایش داده و یا در حد مطلوب نگه دارد. بنابراین با توجه به این‌که در کشور ما به‌دلیل تغییرات شدید pH میزان فسفر محلول در ریزوسفر گیاه محدود می‌باشد، استفاده از کودهای بیولوژیک آزادکننده فسفر تا حدود زیادی می‌تواند مشکلات جذب این عنصر را تعدیل بخشیده و بر جذب این عنصر تأثیرگذار باشد.

این تحقیق، با هدف ارزیابی کودهای زیستی در آزادسازی فسفر نامحلول خاک و کاهش مصرف کودهای شیمیایی و جایگزینی بخشی از آن‌ها، با کاربرد باکتری‌های محرک رشد و قارچ مایکوریزا اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در دو سال زراعی ۹۵-۱۳۹۶ و ۹۶-۱۳۹۷ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان با موقعیت طول جغرافیایی ۵۴درجه و ۲۷دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی۳۷درجه و ۴۵دقیقه شمالی اجرا شد. برخی از خصوصیات اقلیمی محل اجرای آزمایش در شکل ۱ ارائه شده است.



شکل ۱- میانگین حداقل و حداکثر دما و مجموع بارندگی در ماه‌های کشت گیاه

Fig. 1. Average minimum and maximum temperature and total rainfall in cultivation on months

قبل از آماده‌سازی بستر، از زمین محل اجرای آزمایش از عمق صفر تا ۳۰سانتی‌متری نمونه‌برداری خاک انجام شد و در آزمایشگاه مورد تجزیه قرار گرفت. برخی مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش به تفکیک سال در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 1. Soil chemical and physical characteristics of the research site

Year	Depth	Clay	Silt	Sand	N	pH	K	P
سال	عمق	رس	سیلت	شن	نیتروژن	شاخص واکنش	پتاسیم	فسفر
	cm	درصد (%)					(mg.kg^{-1})	
1395- 96	0-30	44.5	41.5	14	0.04	7.1	200	8.3
1396-97	0-30	47.5	41	11.5	0.07	6.9	181	8.7

به‌منظور دستیابی به اهداف موردنظر در این طرح، آزمایش در هر دو سال زراعی به‌صورت فاکتوریل در قالب بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار انجام گردید. کود فسفره (از منبع سوپرفسفات تریپل) به‌عنوان عامل اول در سه سطح شامل عدم مصرف (شاهد)، مقدار مطلوب (۱۵۰کیلوگرم در هکتار) و شرایط بیش‌بود (۵۰درصد بیشتر از حد مطلوب معادل با ۲۲۵کیلوگرم در هکتار)، بر اساس آزمون خاک مورد استفاده قرار گرفت. ترکیب‌های مختلف باکتری‌های محرک رشد و قارچ مایکوریزا آربوسکولار نیز در هشت سطح شامل عدم مصرف باکتری و قارچ (شاهد)، باکتری *آزوسپیریلیوم* (*Azospirillum lipoferum*)، باکتری *سودوموناس فلورسنس* (*Pseudomonas fluoresens*)، قارچ (*Glomus mosseae*)، ترکیب *آزوسپیریلوم* و *سودوموناس*، *آزوسپیریلوم* و قارچ، *سودوموناس فلورسنس* و قارچ و ترکیب هر سه فاکتور، به‌عنوان فاکتور دوم درنظرگرفته شدند. باکتری *آزوسپیریلوم لیپوفرم* و *سودوموناس فلورسنس* مورداستفاده از ریزوسفر گندم جداسازی

شده بودند که باکتری *آزوسپیریلوم لیپوفرم* دارای خصوصیاتی شامل تولید اکسین (۲۷/۳۲میلی‌گرم بر لیتر)، تثبیت نیتروژن (۱۴/۸۹نانومول بر ساعت‌میلی‌لیتر)، توان تولید سیدروفور، ACCدآمیناز، و حلالیت فسفر نامحلول خاک (۱/۴۷میلی‌گرم بر لیتر) بود. همچنین باکتری *سودوموناس فلورسنس* دارای توان تولید اکسین (۴/۶۸میلی‌گرم بر لیتر)، سیدروفور، ACCدآمیناز، حلالیت فسفر نامحلول (۵۲/۵۰میلی‌گرم بر لیتر) بود. خصوصیات باکتری ریزوبیوم جداسازی‌شده مورداستفاده از ریزوسفر ماش شامل تولید اکسین(۷۲/۱۶میلی‌گرم بر لیتر)، سیدروفور، ACCدآمیناز، تثبیت نیتروژن (۱۳۸/۸نانومول بر ساعت‌میلی‌لیتر) و حلالیت فسفر نامحلول (۶/۷۲میلی‌گرم بر لیتر) بود. قبل از اعمال کود زیستی، جهت اطمینان از سالم‌بودن باکتری‌ها، با استفاده از محیط‌های کشت مناسب، تعداد جمعیت باکتری در هرگرم جامد پودری با روش شمارش کلنی مشخص شد. در این آزمایش در همه کرت‌ها باکتری ریزوبیوم (*R. leguminosarum*) مورداستفاده قرار گرفت. مصرف باکتری ریزوبیوم به‌صورت خاکی بود، به‌طوری‌که ۲۰۰گرم باکتری، با ۴کیلوگرم خاک مخلوط گردیده و به‌طور مساوی در خطوط موردکشت هر کرت زیر بذرها قرار داده شد. عملیات تهیه زمین شامل شخم عمیق و سپس دو مرحله دیسک عمود بر هم برای خُردکردن کلوخه‌ها و نیز تسطیح نهایی زمین با لولر بود. پس از این مرحله کودهای پایه پتاس و اوره موردنیاز گیاه بر اساس آزمون خاک (اوره به‌میزان ۵۰کیلوگرم در هکتار و پتاس (سولفات پتاسیم) به‌میزان ۱۰۰کیلوگرم در هکتار) به‌طور یکسان در سطح مزرعه توزیع گردید. واحدهای آزمایشی به طول ۵متر و عرض ۲/۵متر و با فاصله یک متر از واحد آزمایشی مجاور، ایجاد شد، به‌طوری‌که هر کرت آزمایشی در پنج خط پنج‌متری با فاصله ثابت ۵۰سانتی‌متر و با فاصله بین بوته‌های روی ردیف ۱۰سانتی‌متر با تراکم ۳۰۰هزار بوته در هکتار کشت شد. بذر ماش مورد نیاز (رقمVC 1973 A) برای کشت از جهاد کشاورزی شهرستان گرگان تهیه و در هر دو سال در اوایل تیرماه کشت گردید. جهت تلقیح تیمار کود زیستی (باکتری‌های محرک رشد و قارچ مایکوریزا) ابتدا بذرهای ماش در الکل ۷۰درصد به‌مدت ۳۰ثانیه و سپس توسط هیپوکلریت سدیم ۰/۲درصد به‌مدت دو دقیقه ضدعفونی سطحی شدند. سپس بذرها سه مرتبه با آب‌مقطر استریل شستشو داده شدند تا اثر هیپوکلریت سدیم حذف شود. بذرهای استریل‌شده با استفاده از تیمارهای باکتری و قارچ تهیه شده از شرکت دانش‌بنیان تمیشه تلقیح گردیدند، به‌طوری‌که باکتری‌ها (با جمعیت 10^8سلول باکتری در هرگرم جامد پودری) با آب مخلوط و بر روی بذرها پاشیده و سپس اقدام به کشت گردید (به ازای هرکیلوگرم بذر از ۵۰گرم باکتری استفاده شد). برای جلوگیری از صدمه باکتری‌ها در اثر خشکی بلافاصله اقدام به آبیاری شد. به‌منظور اعمال تیمارهای مربوط به قارچ مایکوریزا، قبل از کاشت، خاک آلوده به قارچ آربسکولار مایکوریزا از گونه *Glomus mosseae* که هر ۱۰۰گرم از آن حاوی تعداد ۳۰۰اسپور است، به میزان ۶۰کیلوگرم خاک آلوده به قارچ در هکتار، در زیر بذر در عمق دوسانتی‌متر قرار گرفت. در ابتدای کاشت در هر کپه، سه بذر کشت و پس از استقرار و در زمان سه‌برگی پس از عمل تنک، فاصله گیاهچه‌ها از هم به ۱۰سانتی‌متر رسید. اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت و آبیاری‌های بعدی با توجه به نیاز گیاه و شرایط محیطی انجام گرفت. همچنین در طی فصل رشد، علف‌های‌هرز به‌صورت دستی کنترل شدند. صفات اندازه‌گیری‌شده در این آزمایش عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، طول غلاف، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن۱۰۰۰دانه و ارتفاع بوته بودند. سطح برداشت هر کرت معادل دو مترمربع بود که با استفاده از دو خط میانی کاشت و پس از حذف حاشیه‌ها تأمین شد. به‌منظور تعیین عملکرد دانه از خطوط میانی هر کرت به طول یک متر درنظرگرفته شد و جهت جلوگیری از ریزش دانه‌ها، برداشت هر هفته یک‌بار از غلاف‌های رسیده انجام شد. پس از برداشت غلاف‌ها، تعداد دانه در غلاف، وزن دانه‌ها در غلاف و وزن‌خشک غلاف با استفاده از جداکردن غلاف‌ها از بوته و قراردادن نمونه‌ها به مدت ۴۸ساعت در آون در دمای ۷۵درجه‌سانتی‌گراد شمارش و توزین شدند. همچنین جهت اندازه‌گیری پروتئین دانه از روش کجلدال استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم‌افزارSAS برای داده‌های هر سال انجام و در پایان دو سال تجزیه واریانس مرکب بر روی داده‌ها صورت گرفت. همچنین جهت انجام مقایسات میانگین اثرات متقابل، از روش برش‌دهی (Slicing) و به‌منظور مقایسه میانگین اثرات ساده، از روش آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

ارتفاع گیاه

نتایج تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که اثر متقابل سطوح کود زیستی و فسفر و همچنین اثر سال بر صفت ارتفاع گیاه در سطح یک‌درصد معنی‌دار شد (جدول ۲).

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان می‌دهد که در سطح عدم مصرف کود شیمیایی فسفر (شاهد) بیشترین ارتفاع گیاه (۵۵/۴سانتی‌متر) در تیمار تلقیح با باکتری آزوسپیریلوم و قارچ

مایکوریزا بود، همچنین با مصرف ۱۵۰کیلوگرم کود شیمیایی فسفر در هکتار، بیشترین ارتفاع گیاه (۶۵سانتی‌متر) و با مصرف ۲۲۵کیلوگرم در هکتار فسفر بیشترین ارتفاع گیاه (۷۳/۶۳سانتی‌متر) در تیمار تلقیح با باکتری *آزوسپیریلوم*، *سودوموناس* و قارچ مایکوریزا حاصل شد (جدول ۳).

جدول ۲- تجزیه واریانس دو سال (تجزیه مرکب) صفات رویشی و پروتئین دانه ماش

Table 2. Analysis of variance of vegetative traits and protein content of seed mungbean

منابع تغییرات **Source of variance**	درجه آزادی **Degrees of freedom**	ارتفاع گیاه **Plant height**	طول غلاف **Pod length**
(year) (Y) سال	1	1556.96**	10.45**
(Replication)(Year)(بلوک) (سال)	4	3.71	0.05
(Phosphorus)(A)فسفر	2	1247.89**	90/50**
(A× Y) سال× فسفر	2	145.81**	1.14**
Biofertilizer (B) کود زیستی	7	866.84**	0.43**
(B × A) فسفر×کود زیستی	14	51.17**	0.18 n.s
(B × Y) سال×کود زیستی	7	0.91n.s	0.03n.s
(Y×B ×A) سال×کود زیستی×فسفر	14	0.51n.s	0.009 n.s
(Error) خطا	92	8.25	0.10
Coefficient of variation (%) ضریب تغییرات (درصد)	-	5.52	5.38

n.s و * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح پنج‌درصد و یک‌درصد

n.s, * and **: Non significant and significant at P ≤0.05 and P ≤ 0.01 respectively

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر برهمکنش فسفر و کود زیستی بر ارتفاع و شاخص برداشت ماش

Table 3. Mean comparison of phosphorus and biological fertilizer on height and harvest index of mungbean

فسفر (کیلوگرم در هکتار) **Phosphorus (Kg/ha)**	کود زیستی **Biofertilizer**	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر) **Plant height (cm)**	شاخص برداشت (درصد) **Harvest index (%)**
0	0	36.7d	28c
	1	44.16c	31abc
	2	45.76c	29bc
	3	42.56c	30abc
	4	51.26b	31abc
	5	55.35a	32ab
	6	50.71b	32ab
	7	81.53ab	33a
150	0	41.06f	31c
	1	52.51c	34b
	2	46.51ed	37ab
	3	44.28ef	39a
	4	53.36bc	37ab
	5	56.15b	38a
	6	48.51d	38a
	7	65.01a	37a
225	0	50.23f	38d
	1	58.55c	45ab
	2	52.10ef	43bc
	3	48.86f	42bc
	4	58.06cd	44ab
	5	64.20b	46a
	6	55.03de	44ab
	7	73.63a	40cd

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵درصد، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

۰: شاهد، ۱: آزوسپیریلوم لیپوفروم، ۲: سودوموناس فلورسنس، ۳: گلوموس موسه، ۴: آزوسپیریلوم و سودوموناس، ۵: آزوسپیریلوم وگلوموس، ۶: سودوموناس و گلوموس، ۷: آزوسپیریلوم و سودوموناس و گلوموس

Means by the same letter in each column are not significantly different according to LSD range tests (P<0.05).

0: Control, 1: Azospirillum lipoferum, 2: Pseudomonas fluoresens, 3: Glomus mosseae, 4: Azospirillum & Pseudomonas, 5: Azospirillum & Glomus, 6: Pseudomona & Glomus, 7: Azospirillum & Pseudomona & Glomus

ارتفاع گیاه یکی از شاخص‌های مهم رشد گیاه است و تعیین‌کننده طول دوره رشد آن می‌باشد که تحت تأثیر شیوه‌های مختلف زراعی اصلاح می‌شود. این افزایش رشد می‌تواند به‌علت نقش مفید فسفر و کودهای بیولوژیک در باروری خاک و تقویت ریشه گیاه و رشد بیشتر اندام‌های رویشی گیاه باشد. فسفر به‌عنوان حامل انرژیATP، در کلیه فعل و انفعالات شرکت کرده و در تقسیم سلولی و رشد سریع سلول‌های مریستمی دخالت دارد و سبب افزایش ارتفاع بوته می‌شود (Alami Milani *et al*., 2014). از دلایل مهم تأثیر کودهای بیولوژیک در افزایش ارتفاع گیاه، این است که باکتری‌های محرک رشد موجود در این کودها علاوه بر تثبیت نیتروژن اتمسفری، با حل‌کردن مواد معدنی مانند فسفات و تولید فیتوهورمون ایندول استیک اسید که نقش مهمی در تنظیم رشد گیاه دارد، باعث افزایش ارتفاع گیاه می‌شوند (Kaur *et al*., 2015). در واقع می‌توان نتیجه گرفت که باکتری های *سودوموناس* و *آزوسپیریلوم* از محلول‌کننده‌های خوب فسفر برای گیاهان لگومینوز به‌شمار می‌روند و دارای اثر سینرژیستی مثبت هستند (Saxena *et al*., 2016). Elias *et al*, (2016) بیان‌کردند درصورتی‌که فسفر با استفاده از باکتری‌های محرک رشد به‌صورت قابل استفاده افزایش یابد، موجب افزایش طول سلول و افزایش رشد و تکثیر سرتاسری سلول‌های گیاه می‌شود. همچنین مشاهده شده است که تلقیح قارچ مایکوریزا باعث تغییرات وسیع شاخص‌های مورفولوژیکی ریشه به‌ویژه افزایش ریشه‌های جانبی می‌شود درنتیجه با افزایش رشد ریشه، آب و مواد غذایی بیشتری در اختیار گیاه قرار می‌گیرد و این امر موجب بهبود رشد و ارتفاع گیاه می‌گردد (Nasrollahzadeh Asl, 2017). نتایج یک بررسی نشان داد که استفاده از کودهای بیولوژیک حاوی آزوسپیریلوم و ازتوباکتر در گیاه دارویی مریم گلی (*Salvia officinalis* L.) سبب افزایش ارتفاع بوته می‌شود (Rahimi & Hashemi, 2015). بین دو سال آزمایش اختلاف معنی‌داری از نظر ارتفاع گیاه مشاهده گردید. بیشترین ارتفاع گیاه (۵۵/۳سانتی‌متر) در سال دوم آزمایش حاصل شد (جدول۴). به‌نظر می‌رسد با توجه به شکل۱ شرایط آب و هوایی در زمان ساقه‌روی گیاه علت این افزایش معنی‌دار ارتفاع گیاه در سال دوم نسبت به سال اول باشد.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر اصلی سال بر اجزای عملکرد ماش

Table 4. The main effect of year on the yield components mung bean

سال Year	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر) Plant height (cm)	تعداد دانه در غلاف Number of pods per plant	وزن۱۰۰۰دانه (گرم) 1000 seed weight (g)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)
1395-96	48.73 b	7.54 a	52.56 a	0.38 a
1396-97	55.31 a	7.34 b	50.76 b	0.36 b

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵درصد، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Means by the same letter in each column are not significantly different according to LSD range tests (P<0.05).

طول غلاف

نتایج تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که اثر سطوح کود زیستی و اثر متقابل فسفر و سال بر صفت طول غلاف در سطح یک‌درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین طول غلاف (۶/۲۵سانتی‌متر) در تیمار تلقیح با باکتری *آزوسپیریلوم*، *سودوموناس* و قارچ مایکوریزا حاصل شد (شکل ۲). Karimi *et al*, (2013) نشان دادند که کودهای زیستی باعث افزایش طول غلاف در گیاه لوبیاسبز شدند. همچنین Mrkovacki & Milic(2001) بیان نمودند که پتانسیل تولید سیدروفورهای مختلف توسط باکتری ازتوباکتر و افزایش قابلیت جذب روی، آهن و منگنز و همچنین توانایی این باکتری‌ها در تثبیت نیتروژن در افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی و افزایش رشد بلال مؤثر می‌باشد. نتایج این آزمایش با نتایج Solymani Fard *et al*, (2013) مطابقت دارد. همچنین نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین طول غلاف در سال اول (۷/۷سانتی‌متر) و در سال دوم (۶/۹سانتی‌متر) مربوط به سطح فسفر ۲۲۵کیلوگرم در هکتار حاصل شد (شکل ۳).

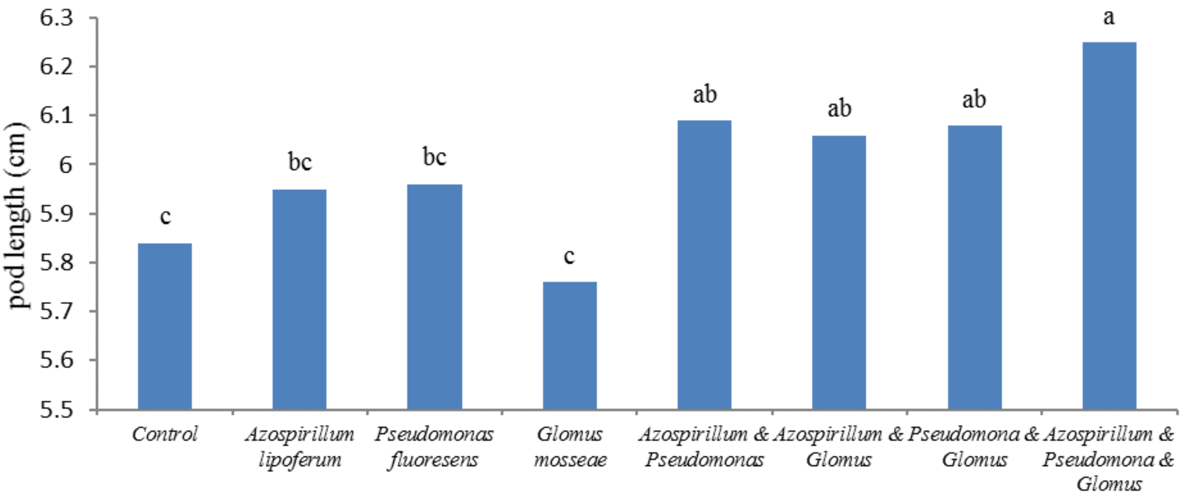
عملکرد و اجزای عملکرد

نتایج تجزیه مرکب داده‌ها بر صفت تعداد غلاف در بوته نشان داد که اثر متقابل سه‌گانه فسفر، کود زیستی و سال در سطح پنج‌درصد معنی‌دار شد (جدول ۵).

مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که سال اول در شرایط عدم مصرف کود شیمیایی فسفر بیشترین تعداد غلاف (۱۷/۱عدد در بوته) مربوط به تیمار تلقیح با باکتری آزوسپیریلوم و قارچ مایکوریزا است که از لحاظ آماری با تیمار

تلقیح با باکتری *آزوسپیریلوم*، *سودوموناس* و قارچ مایکوریزا تفاوت معنی‌داری نداشت و در شرایط مصرف ۱۵۰کیلوگرم در هکتار کود فسفر بیشترین تعداد غلاف (۱۴/۶ عدد در بوته) و در شرایط مصرف ۲۲۵کیلوگرم در هکتار کود فسفر، بیشترین تعداد غلاف (۱۶/۵ عدد در بوته) مربوط به تیمار تلقیح با باکتری *آزوسپیریلوم*، *سودوموناس* و قارچ مایکوریزا بود (جدول۶).

همچنین مقایسه میانگین تیمارها در سال دوم نشان داد که در شرایط عدم مصرف کود فسفر بیشترین تعداد غلاف (۱۲/۵ عدد در بوته) مربوط به تیمار تلقیح با باکتری *آزوسپیریلوم* و قارچ مایکوریزا بود که از لحاظ آماری با تیمار تلقیح با باکتری *آزوسپیریلوم*، *سودوموناس* و قارچ مایکوریزا تفاوت معنی‌داری نداشت.

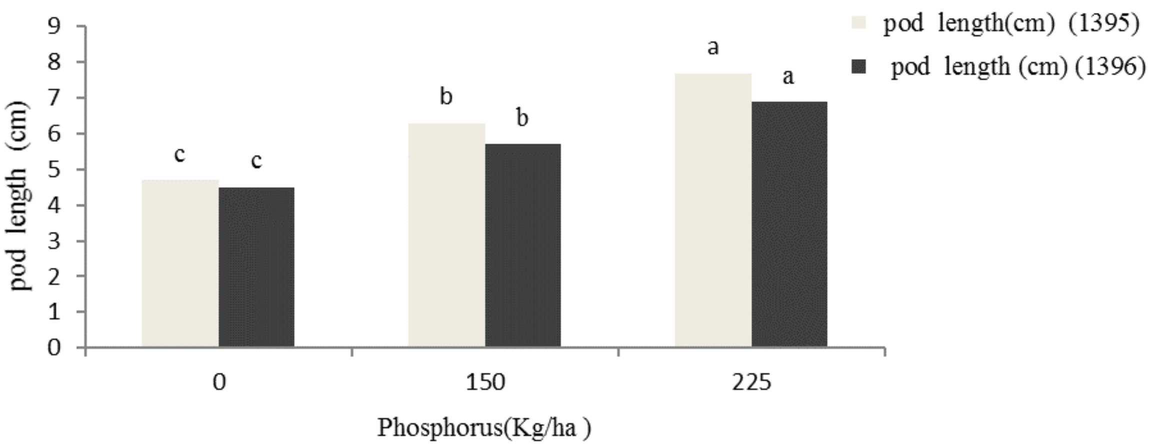


شکل ۲- اثر اصلی کود زیستی بر طول غلاف ماش تحت تأثیر سطوح کود شیمیایی فسفر و کود زیستی

میانگین‌ها در هر ستون که دارای حروف مشابه می‌باشند، بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵درصد، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Fig. 2. The main effect of biofertilizer on the pod length of mungbean under the influence of phosphorus and biofertilizer levels

Means by the same letter in each column are not significantly different according to LSD range tests (P<0.05).



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر برهمکنش سال و فسفر بر طول غلاف ماش تحت تأثیر سطوح کود شیمیایی فسفر و کود زیستی

Fig. 3. Mean comparison of phosphorus and year on the pod length of mungbean under the influence of phosphorus and biofertilizer levels

جدول ۵- تجزیه واریانس دو سال (تجزیه مرکب) عملکرد و اجزای عملکرد ماش تحت تأثیر سطوح کود شیمیایی فسفر و کود زیستی

Table 5. Analysis of variance of two years (compound analysis) of yield and yield components of mungbean under the influence of phosphorus and bio fertilizer levels

منابع تغییرات Source of variance	درجه آزادی Degrees of freedom	تعداد غلاف در بوته Seed no. per pod	تعداد دانه در غلاف Pod no. per plant	وزن۱۰۰۰دانه 1000 seed weight
سال (Y) (year)	1	429.52**	1.64**	116.64**
(بلوک) سال (Replication)(Year)	4	0.50	0.31	34.04
فسفر (Phosphorus)(A)	2	31.04**	56.08**	85.92**
سال× فسفر (A× Y)	2	10.78**	0.30 n.s	5.60 n.s
کود زیستی Biofertilizer (B)	7	34.59**	0.13n.s	22.64 n.s
فسفر×کود زیستی (B × A)	14	1.14n.s	0.11 n.s	14.01 n.s
سال × کود زیستی (B × Y)	7	3.46**	0.03n.s	2.19 n.s
سال×کود زیستی×فسفر (Y×B ×A)	14	1.64*	0.06 n.s	1.62 n.s
خطا (Error)	92	0.76	0.16	16.36
Coefficient of variation (%) ضریب تغییرات (درصد)	-	6.82	5.47	7.82

n.s و * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح پنج‌درصد و یک‌درصد

n.s, * and **: Non significant and significant at p≤ 0.05 and p≤ 0.01 respectively

در شرایط مصرف ۱۵۰کیلوگرم در هکتار کود فسفر نیز بیشترین تعداد غلاف (۱۳/۵عدد در بوته) مربوط به تیمار تلقیح با باکتری *آزوسپیریلوم*، *سودوموناس* و قارچ مایکوریزا بود که از لحاظ آماری با تیمارهای دیگر به‌جُز تیمار عدم مصرف کود زیستی تفاوت معنی‌داری نداشت. در شرایط مصرف ۲۲۵کیلوگرم در هکتار کود فسفر بیشترین تعداد غلاف (۱۶/۳عدد در بوته) مربوط به تیمار تلقیح با باکتری *آزوسپیریلوم* و *سودوموناس* بود (جدول ۶). نتایج تجزیه مرکب داده‌ها بر صفت تعداد دانه در غلاف نشان داد که اثر سال و اثر فسفر در سطح احتمال یک‌درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین تعداد دانه (۸/۵عدد در غلاف) در تیمار ۲۲۵کیلوگرم کود شیمیایی فسفر در هکتار و کمترین آن (۶/۴ عدد در غلاف) در تیمار شاهد حاصل شد (جدول ۷). با توجه به نتایج، تعداد دانه در غلاف در سال اول آزمایش نسبت به سال دوم، ۲/۷درصد افزایش داشت (جدول ۴). نتایج تجزیه مرکب داده‌ها بر صفت وزن۱۰۰۰دانه نشان داد که اثر فسفر و همچنین اثر سال در سطح یک‌درصد معنی‌دار شد (جدول ۵). مقایسه میانگین تیمارهای کود شیمیایی فسفر نشان داد که بیشترین وزن۱۰۰۰دانه (۵۲/۹گرم) مربوط به مصرف ۲۲۵کیلوگرم فسفر در هکتار و کمترین میزان وزن۱۰۰۰دانه (۵۰/۳گرم) مربوط به تیمار شاهد بود (جدول ۷). با توجه به نتایج مقایسه میانگین بیشترین وزن۱۰۰۰دانه (۵۲/۶گرم) در سال اول حاصل شد که نسبت به سال دوم ۳/۷درصد افزایش داشت (جدول ۴).

افزایش تعداد غلاف در گیاه با تلقیح کودهای زیستی ممکن است به‌دلیل توسعه بهتر ریشه باشد. دسترسی به مواد غذایی بیشتر باعث رشد بهتر گیاه و توازن بین مخزن و منبع شده که به‌نوبه خود منجر به گلدهی بهتر و تشکیل دانه بیشتر می‌گردد، به‌طوری‌که فسفر باعث افزایش ظرفیت مخزن گردیده و تأمین سایر عناصر غذایی به‌همراه فسفر از طریق کاربرد تلفیقی کودها باعث افزایش قدرت منبع می‌گردد (Farzana & Radizah, 2005; Singh, 2016).

بررسی‌ها نشان می‌دهد که فسفر جذب شده به وسیله گیاه نخود (*Cicer arietinum* L.) در هنگام تلقیح با ریزجانداران حل‌کننده فسفات افزایش معنی‌داری در شمار غلاف در مترمربع نسبت به شرایط بدون تلقیح دارد (Aboutalebian & Elahi, 2015). همچنین گزارش شده است که فسفر، عامل مؤثر در بهبود ویژگی‌های تولیدمثل گیاه است که باعث افزایش تعداد گل، بذر و میوه می‌شود. در توجیه اثرات مثبت مصرف فسفر بر افزایش تعداد دانه در غلاف می‌توان به نقش یون فسفر در سنتز و رسوب ذخایر در دانه شامل (نشاسته، لیپید، پروتئین، فیتین) و انرژی ذخیره شده حاصل از فتوسنتز و متابولیسم کربوهیدرات‌ها در باندهای فسفات اشاره داشت که بعد در جهت رشد و تولیدمثل مورد استفاده قرار خواهد گرفت (Fanay *et al.*, 2013; Nasrollahzadeh Asl, 2017).

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر برهمکنش فسفر و کود زیستی بر عملکرد و اجزای عملکرد ماش در سال

Table 6. Mean comparison of phosphorus and biofertilizer on yield and yield components of mungbean in the year

سال **year**	فسفر (کیلوگرم در هکتار) **Phosphorus (Kg/ha)**	کود زیستی **Biofertilizer**	تعداد غلاف در بوته **Seed no. per pod**	عملکرد دانه (گرم در مترمربع) **Seed yield (g/m²)**	عملکرد بیولوژیک (گرم در مترمربع) **Biological yield (g/m²)**
		0	11d	104.8c	353.77d
		1	14.66bc	152.27ab	462.97ab
		2	13.53 c	135.77b	405.57c
	0	3	13.9 bc	146.7ab	438.87bc
		4	14.93bc	143.97ab	432.47bc
		5	17.1a	159.13a	479.43a
		6	15.16 b	158.6a	447.33ab
		7	16.86a	159.1a	452.67ab
		0	10.86b	118.8e	372.5d
		1	14.2 a	154.9bcd	433.27bc
		2	13.16a	143.4d	377.47d
1395-96	150	3	13.3a	154.87bcd	378.97d
		4	14.33a	153.6cd	405.23cd
		5	14.33a	174a	445.67ab
		6	13.53a	166.33abc	407.67cd
		7	14.56a	173.33b	451.67a
		0	13.3c	177.33e	433.33c
		1	16.06ab	209abc	468.53abc
		2	15.5ab	184.83de	439.37bc
	225	3	15.2ab	194.93cde	462.17abc
		4	16.46a	198.13bcd	447abc
		5	16.3ab	226a	474.67ab
		6	14.93b	214.33ab	476a
		7	15.3ab	189de	464.33abc
		0	8.03d	78.7d	293.07e
		1	10.83b	103.17bc	352.53bc
		2	9.1cd	87.76cd	338.33bcd
	0	3	9.23cd	86.96cd	313.1de
		4	9.63bc	101.7bc	352.6bc
		5	12.53a	112.07b	360.6b
		6	9.83bc	96.36bcd	320.83cde
		7	12.3a	132.5a	412.33a
		0	9.03d	105.17c	341.33c
		1	11.13bc	130.03b	387.63b
		2	9.96cd	120.13bc	332.8c
1396-97	150	3	10.43bcd	129.53b	332.47c
		4	10.86bc	129.83b	348.83c
		5	11.76b	136.53b	359.03bc
		6	11bc	125.17b	340.33c
		7	13.5a	162a	442.93a
		0	9.16d	123.83e	348.17cd
		1	12.26bc	173.13bc	381.97bc
		2	10.9c	149.43d	341.37d
	225	3	11.4bc	155.8cd	373.3bcd
		4	11.96bc	163.8bcd	361.83bcd
		5	12.63b	182.1b	394.33b
		6	11.8bc	174.1b	390b
		7	16.3a	216a	534a

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵درصد، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

۰: شاهد، ۱: آزوسپیریلوم لیپوفروم، ۲: سودوموناس فلورسنس، ۳: گلوموس موسه، ۴: آزوسپیریلوم و سودوموناس، ۵: آزوسپیریلوم وگلوموس، ۶: سودوموناس و گلوموس، ۷: آزوسپیریلوم و سودوموناس و گلوموس

Means by the same letter in each column are not significantly different according to LSD range tests ($P< 0.05$).

0: Control, 1: Azospirillum lipoferum, 2: Pseudomonas fluoresens, 3: Glomus mosseae, 4: Azospirillum & Pseudomonas, 5: Azospirillum & Glomus, 6: Pseudomona & Glomus, 7: Azospirillum & Pseudomona & Glomus

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر اصلی کود شیمیایی فسفر بر اجزای عملکرد و پروتئین دانه ماش

Table 7. The main effect of Phosphorus fertilizer on the yield components and protein content of seed mung bean

فسفر (کیلوگرم در هکتار) **Phosphorus(Kg/ha)**	وزن۱۰۰۰دانه (گرم) **1000 seed weight (g)**	تعداد دانه در غلاف **Number of pods per plant**	پروتئین دانه (درصد) **Protein of Seed (%)**
0	50.25b	6.36 c	13.60 c
150	52.84 ab	7.43 a	14.92 b
225	52.91a	8.52 a	18.75 a

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵درصد، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Means by the same letter in each column are not significantly different according to LSD range tests ($P< 0.05$).

نتایج گزارش‌شده توسط برخی محققان در خردل (*Sinapis arvensis* L.) مبنی بر افزایش تعداد دانه در خورجین با افزایش مقادیر بالاتر فسفر با نتایج این تحقیق مطابقت داشت (Baloch *et al*., 2006; Verna *et al*., 2009). از سوی دیگر فسفر در استقرار اولیه گیاه و در فعالیت‌های مریستمی و تقسیم سلولی نقش بسیار مهمی دارد. بنابراین گیاه تحت تیمار با میزان کود شیمیایی فسفر بیشتر، استقرار اولیه زودتری داشته و با افزایش رشد رویشی و زایشی گیاه، اجزای عملکرد آن نیز افزایش می‌یابند (Tohidi Nia *et al*., 2013). کاربرد فسفر موجب بهبود حرکت مواد غذایی داخل سیستم گیاه می‌شود که ممکن است دانه‌ها را در حضور مقدار کافی فسفر، حجیم و بزرگ کند و به‌نظر می‌رسد که قسمتی از افزایش وزن۱۰۰۰دانه می‌تواند به همین علت باشد (Singh, 2016). همچنین Ghasemi *et al*, (2011) در آزمایشی روی عملکرد ذرت (*Zae mays* L.) افزایش قابل ملاحظه‌ای در میزان وزن دانه در بلال با اضافه‌کردن کود شیمیایی و کود زیستی فسفره گزارش‌کردند.

عملکرد بیولوژیک

نتایج تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که برهمکنش فسفر و کود زیستی و سال بر صفت عملکرد بیولوژیک در سطح یک‌درصد معنی‌دار شد (جدول ۸). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در سال اول آزمایش در شرایط عدم مصرف کود فسفر (شاهد) بیشترین عملکرد بیولوژیک (۴۷۹/۴گرم در مترمربع) در تیمار تلقیح همزمان با باکتری آزوسپیریلوم و قارچ مایکوریزا به‌دست آمد. همچنین در سطح مصرف ۱۵۰کیلوگرم در هکتار کود فسفر بیشترین عملکرد دانه (۴۵۱/۷گرم در مترمربع) در تیمار تلقیح سه‌گانه با باکتری *آزوسپیریلوم*، *سودوموناس* و قارچ مایکوریزا و در سطح مصرف ۲۲۵کیلوگرم در هکتار کود فسفر بیشترین عملکرد دانه (۴۷۶گرم در مترمربع) مربوط به تیمار تلقیح با باکتری *سودوموناس* و قارچ مایکوریزا حاصل شد (جدول ۶). در سال دوم اجرای آزمایش بیشترین عملکرد بیولوژیک در سطح عدم مصرف کود شیمیایی فسفر (شاهد) (۴۱۲/۳گرم در مترمربع)، در سطح ۱۵۰کیلوگرم در هکتار کود فسفر (۴۴۲/۹گرم در مترمربع) و در سطح مصرف ۲۲۵کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر (۵۳۴گرم در مترمربع) در تیمار تلقیح با باکتری *آزوسپیریلوم*، *سودوموناس* و قارچ مایکوریزا حاصل شد (جدول ۶). در واقع می‌توان چنین بیان کرد که اثرات هم‌افزایی بین باکتری‌های محرک رشد موجب افزایش رشد ریشه و جذب مواد غذایی توسط بوته‌ها می‌شود (Rostamikia *et al*., 2016).

جدول ۸- تجزیه واریانس دو سال (تجزیه مرکب) عملکرد و پروتئین دانه ماش

Table 8. Analysis of variance yield and protein content of seed mungbean

منابع تغییرات Source of variance	درجه آزادی Degrees of freedom	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index	پروتئین دانه Protein of Seed
(year) (Y) سال	1	41752.11**	171637.58**	0.017**	308.88**
(Replication)(Year) سال (بلوک)	4	337.46	335.06	0.001	6.51
(Phosphorus)(A) فسفر	2	46073.06**	22904.48**	0.17**	343.35**
(A× Y) سال× فسفر	2	1244.85**	5522.04**	0.004**	24.38**
Biofertilizer (B) کود زیستی	7	5066.52**	18245.44**	0.007**	44.65**
(A×B) فسفر×کود زیستی	14	77.22 n.s	1186.85**	0.001**	1.45n.s
(B × Y) سال × کود زیستی	7	812.84**	4902.18**	0.0002 n.s	9.48**
سال×کود زیستی×فسفر (Y×B × A)	14	260.15*	1113.66**	0.0005 n.s	2.39n.s
(Error) خطا	92	133.25	477.52	0.0007	1.92
Coefficient of variation (%) ضریب تغییرات (درصد)	-	7.72	5.47	7.35	8.81

n.s و * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح پنج‌درصد و یک‌درصد

n.s, * and **: Non significant and significant at p≤ 0.05 and p≤ 0.01 respectively

افزون بر نقش قارچ ریشه و باکتری‌های محرک رشد در افزایش جذب عناصر غذایی به‌ویژه فسفر و عناصر ریزمغذی مانند روی و مس، این ریزجانداران باعث تحریک رشد گیاه نیز می‌شوند. باکتری‌های محرک رشد به واسطه تولید هورمون‌های رشد مانند دی‌هیدروژن، اکسین و جیبرلین، رشد اندام‌های هوایی گیاه را افزایش می‌دهند، لذا در چنین شرایطی افزایش

در ماده خشک تولیدشده، دور از انتظار نیست (Aboutalebian & Elahi, 2015). گزارشی مبنی بر افزایش کل ماده خشک و عملکرد بیولوژیک در اثر مصرف باکتری‌های محرک‌های رشد در گیاه گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculenum* Mill.) وجود دارد (Seema *et al*., 2018).

عملکرد دانه

نتایج تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که برهمکنش کود زیستی، کود شیمیایی فسفر و سال بر صفت عملکرد دانه در سطح پنج‌درصد معنی‌دار شد (جدول ۸). نتایج مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که در سال اول آزمایش در شرایط عدم مصرف کود فسفر (شاهد) بیشترین عملکرد دانه (۱۵۹/۱گرم در مترمربع)، در تیمار تلقیح با باکتری *آزوسپیریلوم* و قارچ مایکوریزا به‌دست آمد که از لحاظ آماری با تیمارهای تلقیح با باکتری *سودوموناس* و قارچ مایکوریزا و تیمار تلقیح با باکتری *آزوسپیریلوم*، *سودوموناس* و قارچ مایکوریزا تفاوت معنی‌داری نداشت. همچنین در سطح مصرف ۱۵۰کیلوگرم در هکتار کود فسفر و ۲۲۵کیلوگرم در هکتار کود فسفر بیشترین عملکرد دانه به ترتیب ۱۷۴گرم در مترمربع و ۲۲۶گرم در مترمربع مربوط به تیمار تلقیح با باکتری *آزوسپیریلوم* و قارچ مایکوریزا حاصل شد (جدول ۶). در سال دوم آزمایش نیز در هر سه سطح مصرف کود شیمیایی فسفر بیشترین عملکرد دانه مربوط به تیمار تلقیح همزمان با باکتری *آزوسپیریلوم*، *سودوموناس* و قارچ مایکوریزا حاصل شد (جدول۶). نتایج نشان داد کاربرد کود مایکوریزا و کود شیمیایی فسفر به‌علت نقشی که در رشد ریشه و تسهیل جذب فسفر و روند مثبتی که در دوره زایشی داشته است، توانسته تأثیر مثبتی بر عملکرد دانه داشته باشد. احتمالاً وجود کود شیمیایی فسفره در ابتدای کاشت، باعث افزایش فعالیت قارچ مایکوریزا گردیده و از این طریق میزان جذب فسفر، نیتروژن و سایر عناصر غذایی افزایش داشته و گیاه توانسته به خوبی کانوپی خود را در این تیمار بهبود بخشد که نتیجه آن افزایش عملکرد تر و تولید ماده خشک است. از طرفی می‌توان گفت مایکوریزا به‌علت تسهیل‌کنندگی جذب فسفر قابل‌تبادل و به‌دنبال آن، نیتروژن موجود در خاک، موجب بهبود جذب بهتر فسفر و نیتروژن گردیده و رشد ریشه افزایش یافته و تولید کربوهیدرات‌ها و پروتئین را افزایش می‌دهد. همچنین از رطوبت کارآمد استفاده می‌کند و با افزودن مایکوریزا و کاهش pH، ترکیبات فسفره به‌سهولت جذب گیاه می‌شود و با پوشاندن سطوح ذرات اکسیدهای آهن و آلومینیوم توسط آن‌ها و کاهش تثبیت فسفات خاک قابلیت جذب آن افزایش می‌یابد. همچنین تغییر در اندازه و مورفولوژی داخلی و خارجی ریشه‌ها به‌دلیل تأثیر مثبت باکتری‌های محرک رشد بر توانایی ریشه در دسترسی به حجم وسیعی از خاک اثر گذاشته و قابلیت استفاده و جذب عناصر غذایی و آب افزایش یافته و در نهایت منجر به افزایش کارآیی مصرف کود و عملکرد بیشتر شده است (Heidari *et al*., 2015). نتایج تحقیقات زیادی نشان می‌دهد که کاربرد باکتری *آزوسپیریلوم* موجب افزایش ۵ تا ۳۰درصدی عملکرد می‌شود (Creus *et al*., 2010). طی آزمایشی (Jha *et al*., 2011) بر روی گیاه ماش سبز (*Vigna radiata* L.) اعلام شد که با استفاده از باکتری‌های حل‌کننده فسفات بیشترین عملکرد دانه حاصل شد. Srivastava *et al*, (2011) نشان دادند که تلقیح بذور نخود (*Cicer arietinum* L.) با باکتری‌های حل‌کننده فسفات منجر به افزایش ارتفاع بوته و عملکرد دانه شد. همچنین نتایج مثبتی از بکارگیری توأم باکتری محرک رشد و قارچ آربوسکولار تحت کمبود فسفر و نیتروژن بر افزایش اجزای عملکرد و عملکرد دانه سویا (*Glycine max* L.) نیز گزارش گردید (Wang *et al*., 2011). رابطه افزایندگی حاصل از کاربرد جنس‌های مختلف باکتری‌های محرک رشد در بهبود عملکرد گیاهان زراعی دیگری مانند سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.)، برنج (*Oryza sativa* L.)، چغندرقند (*Heterodera schachtii* Schmidt) و جو (*Hordeum vulgare* L.) نیز گزارش شده است (Abbasi *et al*., 2016).

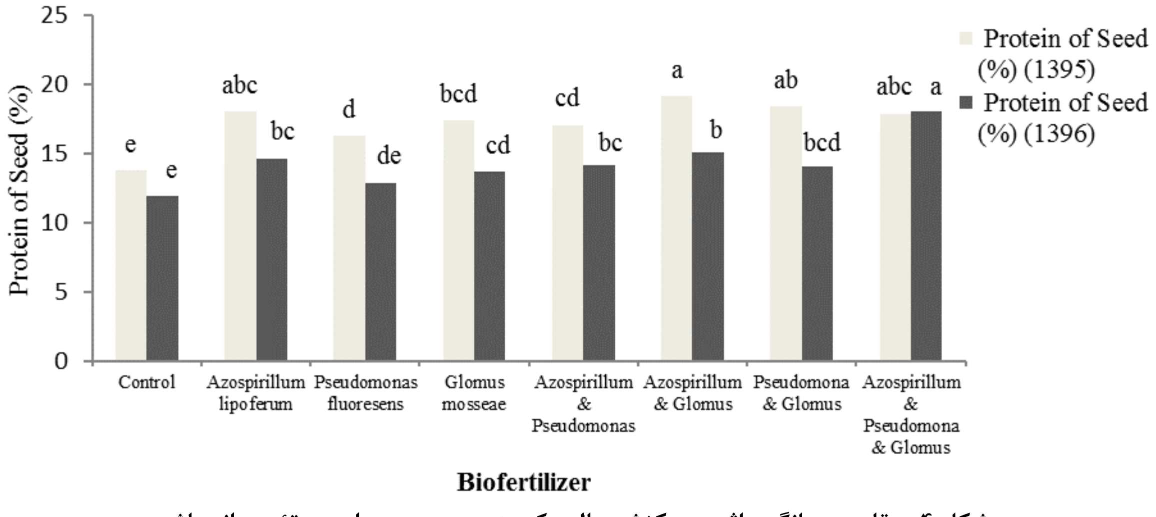
شاخص برداشت

نتایج تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که اثر متقابل فسفر و کود زیستی و همچنین اثر سال بر صفت شاخص برداشت در سطح یک‌درصد معنی‌دار شد (جدول ۸). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در تیمار شاهد (عدم مصرف فسفر) بیشترین شاخص برداشت (۳۳درصد) مربوط به تیمار تلقیح سه‌گانه با باکتری *آزوسپیریلوم*، *سودوموناس* و قارچ مایکوریزا حاصل شد که از لحاظ آماری با تیمارهای دیگر به‌جُز تیمار تلقیح با باکتری *سودوموناس* و شاهد، تفاوت معنی‌داری نداشت. در سطح مصرف ۱۵۰کیلوگرم کود فسفر در هکتار بیشترین شاخص برداشت (۳۸درصد) در تیمار تلقیح با باکتری *سودوموناس* و قارچ مایکوریزا حاصل شد که از لحاظ آماری با تیمارهای دیگر به‌جُز شاهد و تیمار تلقیح با باکتری *آزوسپیریلوم* تفاوت معنی‌داری نداشت. همچنین نتایج نشان داد که در سطح مصرف ۲۲۵کیلوگرم کود فسفر در هکتار بیشترین شاخص برداشت (۴۶درصد) در تیمار تلقیح با باکتری *آزوسپیریلوم* و قارچ مایکوریزا حاصل شد (جدول ۳).

همچنین نتایج نشان داد که بیشترین شاخص برداشت (۳۸درصد) در سال اول نسبت به سال دوم تفاوت معنی‌داری داشت (جدول۴). بالاتربودن شاخص برداشت در تیمارهای تلقیح با باکتری محرک رشد و کاربرد کود فسفات نشان می‌دهد که تخصیص مواد بین مخزن‌های اقتصادی نسبت به دیگر مخزن‌های موجود در گیاه بیشتر بوده است، لذا عملکرد دانه به عملکرد زیست‌توده بیشتر شده است (Aboutalebian & Elahi, 2015). در آزمایشی (Nasrollahzadeh, 2017) Asl گزارش کرد که کاربرد ریزجانداران حل‌کننده فسفات توأم با مقادیر مناسب کودشیمیایی سبب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه و شاخص برداشت گیاه کنجد (*Sesamum* L. *indicum*) شد.

پروتئین دانه

نتایج تجزیه مرکب داده‌ها نشان دادکه اثر متقابل سال و کود زیستی و اثر فسفر بر صفت پروتئین دانه در سطح یک‌درصد معنی‌دار شد (جدول ۸). نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در سال اول آزمایش بیشترین میزان پروتئین دانه (۱۹/۱درصد) در تیمار تلقیح با باکتری *آزوسپیریلوم* و قارچ مایکوریزا بود و در سال دوم بیشترین میزان پروتئین دانه (۱۸/۰درصد) در تیمار تلقیح با باکتری *آزوسپیریلوم* و *سودوموناس* و قارچ مایکوریزا به‌دست آمد (شکل۴). درصد پروتئین از جمله صفات کیفی است که در گیاهان بقولات اهمیت ویژه‌ای دارد. گزارش‌ها نشان می‌دهد که درصد پروتئین دانه ماش به‌میزان زیادی تحت‌تأثیر شرایط محیط قرار می‌گیرد (Naidu *et al*., 1993). محلول‌سازی بیشتر فسفر در تیمار کود زیستی یکی از دلایل اصلی برای افزایش میزان نیتروژن و پروتئین گیاه است (Amanullah *et al*., 2012). در طی آزمایشی (2016) Khajeh *et al*, بیان‌کردند که درصد پروتئین دانه و عملکرد پروتئین دانه گیاه ماش با کاربرد کود زیستی فسفر بارور-۲ افزایش یافت. آن‌ها این نتیجه را به‌دلیل تأثیر تلقیح باکتری که کارآیی تنظیم‌کنندگی رشد، فعالیت فیزیولوژیکی و متابولیسمی را در گیاه افزایش داده می‌دانند. همچنین نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین میزان پروتئین دانه (۱۸/۸درصد) مربوط به تیمار کاربرد ۲۲۵کیلوگرم کود شیمیایی فسفر در هکتار و کمترین میزان پروتئین دانه (۱۳/۶درصد) مربوط به تیمار عدم کاربرد کود شیمیایی فسفر است (جدول ۷). محققان بیان کردند که کود شیمیایی فسفر مقدار واردات نیتروژن را از قسمت‌های رویشی به دانه افزایش داده و موجب افزایش غلظت نیتروژن دانه و درصد پروتئین آن می‌گردد (Yasari & Patwardhan, 2007).



شکل ۴- مقایسه میانگین اثر برهمکنش سال و کود زیستی بر محتوای پروتئین دانه ماش

Fig. 4. Mean comparison of year and biofertilizer on protein content of seed mung bean

میانگین‌ها در هر ستون که دارای حروف مشابه می‌باشند، بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Means by the same letter in each column are not significantly different according to LSD range tests (P<0.05).

در آزمایش بررسی سطوح فسفر و باکتری‌های حل‌کننده فسفر روی عملکرد و اجزای عملکرد ماش مشخص شد که محتوای پروتئین دانه ماش با افزایش کود فسفر افزایش یافت (Singh *et al*., 2018). همچنین (2018) Kamboj & Malik نشان دادند که کاربرد کود فسفر باعث افزایش محتوای پروتئین دانه می‌شود.

همبستگی بین عملکرد دانه و صفات اندازه‌گیری‌شده

بررسی جدول ضرایب همبستگی نشان داد که صفات طول غلاف، ارتفاع گیاه، وزن۱۰۰۰دانه، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و عملکرد بیولوژیک همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه دارد (جدول ۹). تعداد غلاف در بوته با (r= 0.78**) بیشترین و عملکرد بیولوژیک با (r= 0.31**) کمترین همبستگی را با عملکرد دانه داشت. Carvalho *et al*, (2018) بیان‌کردند که تعداد غلاف در هر گیاه به‌طور ژنتیکی کنترل می شود و همچنین به‌شدت تحت‌تأثیر عوامل محیطی و شیوه‌های مدیریتی مانند کوددهی است. آن‌ها طی آزمایشی گزارش نمودند در میان اجزای عملکرد دانه لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.)، تعداد غلاف در بوته به‌دلیل همبستگی بالای آن با عملکرد دانه مهم‌ترین عامل تعیین‌کننده عملکرد است. همچنین نتایج این آزمایش با نتایج Habibzadeh *et al*, (2007) همخوانی دارد.

جدول ۹- ضرایب همبستگی ساده بین صفات اندازه‌گیری شده با عملکرد دانه

Table 9. Simple correlations index between traits with grain yield

	1	2	3	4	5	6	7
۱- طول غلاف 1. Pod length	1						
۲- ارتفاع گیاه 2. Plant height	0.39**	1					
۳- تعداد غلاف در بوته 3. Pod no. per plant	0.38**	0.22**	1				
۴- وزن۱۰۰۰دانه 4. 1000 Seed weight	0.34**	0.24**	0.24**	1			
۵- تعداد دانه در غلاف 5. Seed no. per pod	0.89**	0.39**	0.28**	0.29**	1		
۶- عملکرد بیولوژیک 6. Biological yield	0.42**	0.28**	0.85**	0.28**	0.31**	1	
۷- عملکرد دانه 7. Seed yield	0.77**	0.42**	0.78**	0.36**	0.72**	0.31**	1

n.s و * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح پنج‌درصد و یک‌درصد

n.s, * and **: Non significant and significant at p≤ 0.05 and p≤ 0.01 respectively

نتیجه‌گیری

براساس نتایج حاصل از این پژوهش، تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد و قارچ میکوریز آربوسکولار روی ارتفاع گیاه، تعداد غلاف در بوته، طول غلاف، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و درصد پروتئین دانه اثر مثبت و معنی‌داری داشت. در کلیه صفات مورد مطالعه بیشترین مقادیر در تیمار تلقیح توأم بذر با باکتری *آزوسپیریلوم* و قارچ مایکوریزا و کمترین مقادیر در عدم‌کاربرد فاکتورهای آزمایشی (سطح شاهد) به‌دست آمد. همچنین بیشترین مقادیر تعداد دانه در غلاف و وزن۱۰۰۰دانه در بالاترین سطح کاربرد کود فسفر به‌دست آمد. باکتری‌های محرک رشد و قارچ میکوریز آربوسکولار با رشد اطراف ریشه گیاه و مکانیسم‌های مختلف تا حدود زیادی مشکلات جذب فسفر را تعدیل بخشیده و موجب افزایش جذب و فراهمی یا محلول‌کردن فسفر می‌شوند. از طرفی اثرات سینرژیستی بین باکتری‌های محرک رشد و قارچ میکوریز آربوسکولار موجب افزایش رشد ریشه و بهبود استقرار گیاه می‌شوند و از طریق، افزایش جذب آب و عناصر غذایی در افزایش عملکرد تأثیر مثبتی می‌گذارند. درنتیجه، می‌توان بیان کرد که کودهای زیستی در اکثر موارد به‌عنوان مکمل کودهای شیمیایی می‌توانند سبب بهبود رشد و فرایندهای فیزیولوژیکی گیاهان گردند.

منابع

1. Abbasi, N.A., Jalilian, J., and Zare, M.J. 2016. Evaluation of bacterial efficacy in separate inoculation and in combination with *Bacillus megaterium* phosphate solubilizing bacteria on reducing the effect of salinity stress in mungbean. *(Vigna radiata* L.). Journal of Environmental Plant Physiology 41: 26-40. (In Persian).

2. Aboutalebian, M.A., and Elahi, M. 2015. Replacement of phosphate fertilizer application by bio-fertilizers in chickpea production under on-farm seed priming conditions. Iranian Journal of Filed Crop Science 46(3): 381-394. (In Persian with English Summary).
3. Alami-Milani, M., Amini, R., and Bandehagh, A. 2014. Effect of bio-fertilizers and combination with chemical fertilizers on grain yield and yield components of pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Special Issue of Agricultural Science and Sustainable Production p. 15-29. (In Persian with English Summary).
4. Amanullah, A., Aziz, K., Saifullah, K., Munir A., and Jahangir, K. 2012. Biofertilizer a possible substitute of fertilizers in production of wheat varietyzaardan in balochiistan substitute in balochistan. Pakistan Journal of Agricultural Research 25(1): 44-49.
5. Baloch, A.F., Larik, K.A., and Jamro, G.H. 2006. Response of three mustard (*Brassica Juncea* L.) varieties to N and P fertilizer levels. Pakistan Journal of Agriculture 22: 1058-1062.
6. Belachew, T., and Abera, Y. 2011. Effect of green manuring in combination with nitrogen on soil fertility and yield of bread wheat (*Triticum aestivum*) under double cropping system of Sinanadinsho, Southeast Ethiopia. Journal of Biodiversity and Environmental Sciences 1(1): 1-11.
7. Bhattarai, N., Baral, B., Shrestha, G., and Yami, K.D. 2011. Effect of mycorrhiza and rhizobium on *Phaseolus vulgaris* L. Scientific World 9(9).
8. Bona, E., Lingua, G., Manassero, P., Cantamessa, S., Marsano, F., Todeschini, V., Copetta, A.D., Agostino, G., Massa, N., Avidano, L., Gamalero, E., and Berta, G. 2015. AM fungi and PGP *Pseudomonads* increase flowering, fruit production, and vitamin content in strawberry grown at low nitrogen and phosphorus levels. Mycorrhiza 25: 181-193.
9. Carvalho, M.C.S., Nascente1, A.S., Ferreira, G.B., Mutadiua, C.A.P., and Denardin, J.E. 2018. Phosphorus and potassium fertilization increase common bean grain yield in Mozambique. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 22(5): 308-314.
10. Creus, C., Pereyra, M., Casanovas, E., Sueldo, R., and Barassi, C. 2010. Plant Growth-Promoting effect of *Rhizobacteria* on abiotic stressed plants. *Azospirillum*-grasses model. The Americas Journal of Plant Science and Biotechnology 4(1): 49-59.
11. Elias, F., Muleta, D., and Woyessa, D. 2016. Effects of phosphate solubilizing fungi on growth and yield of Haricot bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants. Journal of Agricultural Science 8(10): 204-218.
12. Fanay, H.R., Pieri, A., and Narouy Rad, M.R. 2013. The effect of different amounts of phosphorus fertilizer on grain yield and some agronomic characteristics of oil Hindi mustard (*Brassica juncea* L.) under drought stress. Journal of Environmental Stresses in Crop Sciences 6(2): 147-157. (In Persian).
13. Farzana, Y., and Radizah, O. 2005. Influence of Rhizo bacterial inoculation on growth of the sweet potato cultivar. Journal of Biological Sciences 1(3): 176-179.
14. Gangwar, R.K., Bhushan, G., Singh, J., Upadhyay, S.K., and Singh, A.P. 2013 Combined effects of plant growth promoting rhizobacteria and fungi on mung bean (*Vigna radiata* L.). International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research 4: 4422-4426.
15. Ghasemi, S., Siavoshi, K., Choukan, R., and Khavazi, K. 2011. Effect of biofertilizer phosphate on grain yield and its components of maize (*Zea mays* L.) cv. KSC704 under water deficit stress conditions. Seed Plant Prod Journal 27-2(2): 219-233.
16. Gupta, G., Parihar, S. S., Ahirwar, N.K., Snehi, S.K., and Singh, V. 2015. Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR): current and future prospects for development of sustainable agriculture. Microbial & Biochemical Technology 7: 096-102.
17. Habibzadeh, Y., Mamaghani, A.R., and Kashani, A. 2007. Effects of different densities on grain yield and yield components and protein in three cultivars of Mung bean (*Vigna radianta* L.) in Ahvaz region. Agricultural Scientific Journal 30(3): 1-13.(In Persian).
18. Kamboj, N., and Malik, R.S. 2018. Influence of phosphorus and boron application on yield, quality, nutrientn content and their uptake by Green Gram (*Vigna radiate* L.). International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences 7(3): 1451-1458.
19. Kanwal, S., Bano, A., and Malik, R. 2015. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on wheat growth, physiology, nutrition and cadmium uptake under increasing cadmium stress. International Journal of Agronomy and Agricultural Research 7(5): 30-42.
20. Karimi, K., Bolandnazar, S., and Ashoori, S. 2013. Effect of bio-fertilizer and arbuscular mycorrhizal fungi on yield, growth characteristics and quality of Green Bean (*Phaseolous vulgaris* L.). Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 23(3): 157-167. (In Persian with English Summary).
21. Kaur, N., Sharma, P., and Sharma, S. 2015. Co-inoculation of *Mesorhizobium* sp. and plant growth promoting rhizobacteria *Pseudomonas* sp. as bio-enhancer and bio-fertilizer in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Legume Research 38: 367-74.

22. Khajeh, M., Gholipour, S., Amiri, A., Yadollahi Dehcheshmeh, P., Mighani, H., and BarajeFard, M. 2016. The impact of biological and chemical phosphorus fertilizers on quality of mung been Gohar variety. Journal of Agricultural Research 8(1): 1-14. (In Persian with English Summary).
23. Moustaine, M., Elkahkahi, R., Benbouazza, A., Benkirane, R., and Achbani, E.H. 2017. Effect of Plant Growth Promoting Rhizobacterial (PGPR) inoculation on growth in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) and characterization for direct PGP abilities in Morocco. International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology 2(2): 590-596.
24. Mrkovacki, N., and Milic, V. 2001. Use of Azotobacter chroococcum as potential useful in agricultural application. Annals of Microbiology 51: 145-158.
25. Naidu, N., Grosoiah, V., Satyanarayna, A., and Raja Rajeswari, V. 1993. Variation in developmental and morpho-physiological traits under different environments and their relation to grain yield of green gram (*Vigna radiata* L.). Indian Journal of Agricultural Science 63(8): 473-478.
26. Nasrollahzadeh Asl, A. 2017. Effects of nitrogen and phosphate biofertilizers on morphological and agronomic characteristicsof Sesame (*Sesamum indicum* L.). Open Journal of Ecology 7: 101-111.
27. Noonari, S.H., Kalhoro, S.H., Mahar, A.A., Raza, S., Ahmed, M., Shah, S.F.A., and Baloch, S.U. 2016. Effect of different levels of phosphorus and method of application on the growth and yield of wheat. Natural Science 8: 305-314.
28. Parsa Motlagh, B., Mahmoudi, S., Sayari Zahan, M.H., and Taghizadeh, M. 2011. Effect of mycorrhiza and P fertilizer on the concentration of photosynthetic pigments and nutrients of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) under salinity stress conditions. Journal of Agroecology 3(2): 233-244. (In Persian).
29. Rahimi, M.M., and Hashemi, A.R. 2015. Yield and yield components of Vetch (*Vigna radiata*) as affected by the use of vermicompost and phosphate bio-fertilizer. Journal of Crop Ecophysiology 10(2): 529-540. (In Persian with English Summary).
30. Rajabzadeh Motlagh, F. 2011. Evaluation application of arbuscular mycorrhiza, nitrogen fixing bacteria and nitrogen fertilizer on yield and yield component of *Phaseolus vulgaris*. MSc. Thesis. Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Iran.
31. Rostamikia, Y., Tabari Kouchaksaraei, M., Asgharzadeh, A., and Rahmani, A. 2016. The effect of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria on growth and physiological characteristics of *Corylus avellana* seedlings. Ecopersia 4(3): 1471-1479.
32. Saxena, J., Saini, A., Kushwaha, K., and Arino, A. 2016. Synergistic effect of plant growth promoting bacterium *Psedomonas fluresce**ns*** and phosphate solubilizing fungus *Aspergillus awamori* for growth enhancement of chickpea. India Journal of Biocheistry and Biophysics 53: 135-143.
33. Seema, K., Mehta, K., and Singh, N. 2018. Studies on the effect of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) on growth, physiological parameters, yield and fruit quality of strawberry cv. Chandler. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry 7(2): 383-387.
34. Singh, R., Singh, P., Singh, V., and Yadav, R.A. 2018. Effect of phosphorus and PSB on yield attributes, quality and economics of summer greengram (*Vigna radiata* L.). Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry 7(2): 404-408.
35. Singh, Z. 2016. Growth and yield of Desi chickpea (*Cicer arietinum* L.) in relation to phosphorus and plant growth promoting rhizobacteria. MSc. Thesis in Agronomy. 81 p.
36. SoleimaniFard, A., Naseri Rad, H., Naseri, R., and Pieri, A. 2013. Effect of growth promoting bacteria on phenology, yield and yield components of corn hybrids (*Zea mays* L.). Journal of Crop Ecophysiology 7(1): 71-90. (In Persian).
37. Srivastava, A.K., Singh, T., Jana, T.K., and Arora, D.K. 2011. Induced resistance and control of charcoal rot in chickpea (*Cicer arietinum*) by Pseudomonas fluorescence. Canadian Journal of Botany 7: 787-795.
38. Stefan, M., Munteanu, N., Stoleru, V., and Mihasan, M. 2013. Effects of inoculation with Plant Growth Promoting Rhizobacteria on photosynthesis, antioxidant status and yield of runner bean. Romanian Biotechnological 18(2).
39. Suhag, M. 2016. Potential of biofertilizers to replace chemical fertilizers. International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology 3(5): 163-167.
40. Suryantini. 2016. Effect of phosphorus, organic and biological fertilizer on yield of Mungbean (*Vigna Radiata* L.) under two cropping patterns. Nusantara Bioscience 8(2): 273-27.
41. Tohidinia, M.A., Mazaheri, D., Bagher-Hosseini, S.M., and Madani, H. 2014. Effect of biofertilizer Barvar-2 and chemical phosphorus fertilizer application on kernel yield and yield components of maize (*Zea mays* cv. SC704). Iranian Journal of Crop Sciences 15(4): 295-307. (In Persian with English Summary).

42. Wang, X., Pan, Q., Chen, F., Yan, X., and Liao, H. 2011. Effects of co-inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi and rhizobia on soybean growth as related to root architecture and availability of N and P. Mycorrhiza. 21: 173-81.
43. Zhang, Sh., Wang, L., MA, F., and Zhang, X. 2015. Can arbuscular mycorrhiza and fertilizer management reduce phosphorus runoff from paddy fields? Journal of Environmental Sciences (33): 211-218.
44. Ziane, H., Hamza, A.M., Beddiar, A., and Gianinazzi, S. 2017. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi and fertilization levels on industrial tomato growth and production. International Journal of Agriculture and Biology 19(2): 341-347.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 11, No. 1, 2020, p. 134-151 (Research Article)

The effect of inoculation with Growth Promoting Bacteria, Mycorrhiza and Phosphorus on yield and yield components of Mungbean *(Vigna radiata* L.)

Rezapoorian Ghahfarookhi[1*], F., Galeshi[2], S., Zeinali[3], E. & Torabi[4], B.

1. PhD. Student of Agronomy, Gorgan Agriculture and Natural Resources University
2. Professor, Gorgan Agriculture and Natural Resources University; galeshi@gau.ac.ir
3. Associate Professor, Gorgan Agriculture and Natural Resources University; e.zeinali@gau.ac.ir
4. Assistant Professor, Gorgan Agriculture and Natural Resources University; ben_torabi@yahoo.com

Received: 10 July 2018
Accepted: 12 November 2018

DOI: 10.22067/ijpr.v11i1.73888

Introduction

Mungbean (*Vigna radiata* L.) is an important legume crop. It is a great source of proteins, vitamins and minerals. The seed contains 24% protein content, 1.30% fat and 60.4% carbohydrates; calcium is 118 and phosphorus is 340 mg per 100 g of seed. Its capacity to restore soil fertility through nitrogen fixation makes it a valuable crop. Phosphorus is considered to be the most limiting element after nitrogen for the plant. However, a large amount of phosphorus in chemical fertilizers occurs after entering the insoluble soil. Converting soil insoluble phosphates to a form available for plants is a necessary goal to achieve sustainable agricultural production. Biofertilizers, are considered as a new technology to increasing nutrients in the soil and reduce the use of chemical fertilizers. Biofertilizers keep the soil environment rich in all kinds of micro and macro nutrients, via nitrogen fixation, phosphate and potassium solubilisation or mineralization, release of plant growth regulating substances, production of antibiotics and biodegradation of organic matter in the soil. The main objective of this study was to evaluate biofertilizers inoculation.

Materials & Methods

To study the effect of Plant Growth Promoting Bacteria, Mycorrhizal fungi and different levels of fertilizer phosphorus on the yield and yield components mung bean *(Vigna radiata* L.) a field experiment was carried out as a factorial based on a randomized complete block design (RCBD) with three replications at research field of the Faculty of Agriculture of Gorgoan University in 2016 and 2017. The treatments of this research consisted of three levels of phosphorus (Control, 150 $Kg.h^{-1}$ and 225 $Kg.h^{-1}$) and eight levels of Growth Promoting Bacteria and Mycorrhizal fungi (Control, *Azospirillum lipoferum*, *Pseudomonas fluoresens*, *Glomus mosseae*, *Azospirillum* and *Pseudomonas*, *Azospirillum* and *Glomus mosseae*, *Pseudomonas* and *Glomus mosseae*, and *Azospirillum lipoferum*, *Pseudomonas fluoresens*, *Glomus mosseae*). In this experiment, *Rhizobium* bacteria (*R. leguminosarum*) was used in all plots. Grain inoculation was done in shadow and after drying, inoculated grains were immediately cultivated. Mycorrhizal fungi was applied under the grain hole just prior to sowing. Chemical fertilizers were applied at a rate of 50 and 100 $Kg.h^{-1}$ in N and K respectively. At harvest, random samples of 10 plants for each experimental unit were taken and plant height, pod length, number of pods per plant, number of seed per pod, 1000- seed weight, biological yield, seed yield and harvest index were recorded. Data were subjected to analysis of variance procedure using the SAS statistical software and for comparing the mean effects of interactions with Slicing method, in order to compare the mean of simple effects, the least significant difference test method (LSD) was used at 5% probability level.

Results & Discussion

The results of experiment revealed that the effect of year, phosphorus fertilizer and biological fertilizer showed a significant effect on yield and yield components, plant height, pod length and protein content. The results also showed that the interaction of biofertilizer and phosphorus on plant height, biological yield and

[*]**Corresponding Author:** f.rezapoorian1389@yahoo.com

harvest index were significant. The results of the comparison of the mean of data in the first year showed that the highest grain yield (226 $g.m^{-2}$) was obtained in inoculum treatment with *Azospirilum* and Mycorrhiza fungi at a consumption level of 225 $Kg.h^{-1}$ phosphorus fertilizer, Which increased by 29.6% compared to the control. In the second year of experiment, the highest grain yield (216 $g.m^{-2}$) was obtained with 38.7% increase in comparison with control in inoculation with Azospirilum, *Pseudomonas* and Mycorrhiza fungi at 225 $Kg.h^{-1}$ phosphorus fertilizer level. The results of the comparison of the mean of the data in the first year showed that the highest number of pods per plant, grain yield, biological yield, harvest index and seed protein were related to *Azospirillum* and *Glomus mosseae* inoculation, and in the second year they were treated with *Azospirillum lipoferum*, *Pseudomonas fluoresens*, *Glomus mosseae*. Also The results of the comparison of the mean of the data showed that the highest 1000-seed weight (52.9 g), number of seeds per pod (8.5 Number in pods) in 225 $Kg.h^{-1}$ treatment of phosphorus fertilizer.

Conclusion

Biofertilizer are beneficial bacteria and fungus that colonize plant roots and enhance plant growth by a wide variety of mechanisms. The use of biofertilizer is steadily increasing in agriculture and offers a new way to replace chemical fertilizers, pesticides, and supplements. According to these results, it can be concluded that the best treatment for mung bean cultivation and reducing the use of phosphorus fertilizer is the use of *Azospirilum* and Mycorrhizal fungus. Application *Azospirilum* and Mycorrhizal fungus in this study caused to increase the seed yield and protein content of seed.

Keywords: *Azospirillum lipoferum*, *Glomus mosseae*, Legume, Pseudomonas fluoresens